

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Rupp, Karl-Heinz

Eisbrechende Fahrzeuge und deren Einsatzmöglichkeiten bei Eisbedeckung

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102728>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Rupp, Karl-Heinz (1998): Eisbrechende Fahrzeuge und deren Einsatzmöglichkeiten bei Eisbedeckung. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 79. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 59-76.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Eisbrechende Fahrzeuge und deren Einsatzmöglichkeiten bei Eisbedeckung

DR.-ING. KARL-HEINZ RUPP, HAMBURGISCHE SCHIFFBAU-VERSUCHSANSTALT GMBH (HSVA)

1 Einleitung

Der Vortrag stützt sich auf Untersuchungen und Erkenntnisse aus dem Vorhaben "Binnenschiffahrt bei Eisbedeckung", gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF). In diesem Vorhaben wurde aus dem Verkehrssystem "Binnenschiffahrt" zunächst das Binnenschiff selbst untersucht. Der Vortrag beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit der **Binnenschiffahrt auf Kanälen**.

Von einem zeitgemäßen Transportsystem wird erwartet, daß es zuverlässig und möglichst ungestört von den Wetterbedingungen arbeitet. Der Binnenschiffsverkehr kommt heute bei etwa 10 cm dickem Eis zum absoluten Stillstand, weil die Schiffe alleine nicht mehr fahren können und eisbrechende Fahrzeuge nicht im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen.

Aufgrund der klimatischen Gegebenheiten tritt dieses Problem im Westen Deutschlands nur in einigen Gebieten auf. Wegen des mehr kontinentalen Klimas sind im Osten Deutschlands die Ausfallzeiten durch Eis größer. Auf den Berliner Wasserstraßen z.B. trat Eis in den Wintern 1978/79 bis 1986/87 von 0 bis höchstens 68 Tagen, im Durchschnitt 25 Tage, auf.

Ziel des Vorhabens war es, erste Vorschläge zu erarbeiten, mit denen sich die Navigationsperiode auf den Kanälen in Ost- und Süddeutschland nach Möglichkeit auf das ganze Jahr ausdehnen läßt. Durch größere Verfügbarkeit soll die Attraktivität des Verkehrsträgers "Binnenschiff" gesteigert sowie dessen Wirtschaftlichkeit verbessert werden. Um dies zu erreichen, muß das Verkehrssystem "Binnenschiffahrt" bestehend aus Schiffen, Kanälen, Schleusen und Häfen als ganzes bei Eisbedeckung funktionsfähig sein.

2 Eisverhältnisse

Anfangsphase der Vereisung auf Kanälen

Wenn der Schiffsverkehr in der Anfangsphase der Eisbildung fortgesetzt wird, kann bei hoher Verkehrsdichte eine ausreichend breite Fahrrinne aufrecht erhalten werden, die auch von den derzeit

existierenden Binnenschiffen zu befahren ist. Bei anhaltendem Frostwetter und kontinuierlichem Schiffsbetrieb wird sich mehr und mehr Brucheis und Eisbrei in der Fahrrinne bilden, das schließlich auch zur Behinderung der Schifffahrt führt.

Anhaltende Frostperiode auf Kanälen

Auf weniger befahrenen Binnenwasserstraßen oder bei längeren Frostperioden entstehen Eisdecken - ebenes ungestörtes Eis oder zusammengefrorenes Bruch/Scholleneis - die nur mit Hilfe von Kanäleisbrechern gebrochen werden können.

Im Gegensatz zu den Flüssen verbleibt auf Kanälen das Eis am Entstehungsort bis es wieder geschmolzen ist, d.h. die Vereisungsperiode dauert in der Regel länger als auf Flüssen. Findet auf Kanälen kein Schiffsverkehr statt, so bildet sich Kerneis.

Eisbildung auf Flüssen

Auf Flüssen treibt ein großer Teil des entstandenen Eises solange mit der Strömung, bis der sogenannte Eisstillstand eintritt. Das dann vorhandene Eis friert zu einer Eisdecke zusammen, die aus Eisschollen, Eisschutt und aufgepreßtem Eis oder kleinen Eisversetzungen besteht. Am Ende der Frostperiode setzt sich das Eis durch natürlichen oder durch Flußeisbrecher eingeleiteten Eisauflauf wieder in Bewegung. Flußeisbrecher haben dabei die Aufgabe, das Entstehen von Eisversetzungen zu verhindern oder, wo Eisversetzungen trotzdem entstanden sind, diese aufzubrechen.

3 Eismessungen auf dem Elbe-Seitenkanal

Im Winter 1996/97 wurden Feldmessungen im Kanalabschnitt von Kanal-km 99.8 bis 105.4 (Oberer Vorhafen Schiffshebewerk-Lüneburg) durchgeführt. Die Eisverhältnisse können folgendermaßen charakterisiert werden:

Der Vorhafen war durch eine Eisdecke vollständig geschlossen. Die Eisdecke hatte sich durch das Zusammenfrieren kleinerer bis mittlerer Eisschollen gebildet. Die Eisoberfläche war schneefrei, jedoch durch die unregelmäßige Anordnung der Schollen verhältnismäßig "rauh".

Die Aufnahme eines Eisdickenquerprofils erfolgte von der Ost- zur Westseite des Kanals. Für die Eisdickenbestimmung wurden in Abständen von 2 m Löcher durch das Eis gebohrt. An den jeweiligen Bohrlöchern wurde die Eisdicke gemessen. Das Ergebnis ist in Bild 1 zusammengestellt.

Zur Bestimmung der mechanischen Eiseigenschaften wurden direkt vor Ort, d.h. im oberen Vorhafen des Schiffshebewerkes, Kragbalkenversuche zur Ermittlung der Biegefestigkeit des Eises und des Elastizitätsmoduls durchgeführt. Darüber hinaus wurden weitere Proben im HSVA-Eislabor hinsichtlich ihrer Dichte und Druckfestigkeit untersucht.

Die Ergebnisse von Biege- und Druckfestigkeiten sind in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Eisversuche bei Scharnebeck

Typ	Kerneis	Zusammengefrorenes Brucheis
Biegefestigkeit [kPa] (N = Anzahl der Proben)	538 (N=7)	525 (N=5)
Druckfestigkeit horizontal [kPa]	1849 (N=7)	1234 (N= 5)
Druckfestigkeit vertikal [kPa]	3129 (N=6)	1816 (N=6)

Zusammenfrieren der Eisschollen

Im Zeitraum der Feldmessungen (14.01.1997 ca. 14:00 und dem 16.01.1997 09:00) bildete sich an den Probeentnahmestellen neues Eis. Die Dicke des neugebildeten Eises wurde gemessen und der Zusammenhang zwischen Neueisbildung und Abstand zur umgebenden Eisdecke ermittelt. Es zeigte sich, daß je schmaler ein Spalt zwischen dem bestehenden Eis ist, desto schneller wächst dieser zu. Selbst bei mittleren Lufttemperaturen wenig unter 0 °C wuchs ein Sägeschnitt von etwa einem Zentimeter Breite in dieser Zeit vollständig zusammen. In Bild 2 wurden die Meßwerte aufgetragen.

Dieses Phänomen muß besonders bei Untersuchungen zum "Möbius Eisschredder" Beachtung finden.

4 Fahrzeuge für die Binnenschifffahrt bei Eisbedeckung auf Kanälen

Eisbrechende Schubboote

Aufgrund der typischen Deckskontur am Bug lassen sich bei Schubbooten Vorschiffsformen mit hoher Eisbrechfähigkeit verwirklichen (ähnlich Thyssen/Waas). Nachteilig ist das große Verhältnis von Breite zu Tiefgang, wodurch das seitliche Räumen der Eisschollen erschwert wird. Das Längen/Breitenverhältnis von Schubbooten ist für das Manövrieren im Eis, besonders für kleine Drehkreisradien, hervorragend geeignet.

Bild 3 zeigt Vor- und Hinterschiff des eisbrechenden Schubbootes.

Bei den eistauglichen Leichtern muß bedacht werden, daß diese je nach Beladezustand auf verschiedenen Tiefgängen fahren. Folglich sollten sie möglichst ähnliche gute Eisbrecheigenschaften auf allen Tiefgängen haben.

Der in Bild 4 dargestellte Neuentwurf eines Leichters (HSVA-Leichter) ist ein Kompromiß für das Brechen von Eis und das Fahren in Scholleneis oder Eisbrei. Der HSVA-Leichterentwurf basiert auf eisbrechtechnischen Verbesserungen des EURO 2 B Leichters.

Die Möglichkeiten, eisbrechende Leichter zu entwerfen, waren eingeschränkt durch eine im Vergleich zu den nachfolgend beschriebenen existierenden Leichtern möglichst identische Verdrängung bei gleichen Abmessungen. Der Eisbrechwiderrstand des Leichters kann noch weiter gesenkt werden, wenn der Stevenwinkel flacher wird. Dies hat bei gleicher Länge jedoch einen deutlichen Verdrängungsverlust zur Folge.

Weiter wurde der Leichter SP36 der Deutschen Binnenreederei im Eis getestet. Der Leichter ist in Bild 5 dargestellt.

Die Kahnform AMANDA (Bild 6) steht hier für eine Vielzahl von Motorgüterschiffen, Leichter und Kähne mit einer ähnlichen Bugform. Diese Bugform ist für das Brechen von ebenem Eis oder zusammengefrorenem Scholleneis sehr ungünstig. Stevenwinkel und Spantwinkel sind sehr steil, so daß hauptsächlich Horizontalkräfte in das Eis eingebracht werden. Eis bricht jedoch am leichtesten durch vertikale Belastung und Biegebeanspruchung. Folglich ist der Eisbrechewiderstand und die erforderliche Antriebsleistung für die Amandaform sehr hoch.

Seitliche Überstände (Reamer)

Man kann davon ausgehen, daß Binnenschiffe oder Schubverbände aufgrund ihres großen Längen/Breiten-Verhältnisses sowohl im ebenen Eis als auch im zusammengefrorenen Scholleneis und in schmalen Eisrinnen keine, oder nur mit einem sehr großen Radius, Kurven fahren können. Zur Verbesserung der Drehfähigkeit wurden deshalb für den HSVA-Leichter und das Schubboot seitliche Überstände entworfen (englisch "reamer"). Aufgrund der Breitenbegrenzung in den Schleusen können diese Reamer nicht fest angebracht werden. Daher wird der folgende bewegliche Reamer vorgeschlagen:

Der Reamer hat auf Deck zwei Scharniere und wird querschiffs ausgeschwungen, bis er an der Bordwand anliegt. Vor- und Hinterkante des Reamers sind so ausgebildet, daß der Reamer bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt durch das Eis an die Bordwand gedrückt wird.

Der Reamer ist immer am Vorschiff des ersten Leichters angeordnet. Er vergrößert die gebrochene Eisrinne, so daß der Schubverband (oder das Motorgüterschiff) mit dem Heck ausschwingen kann. Erst dadurch ist eine Kurvenfahrt möglich.

Die Bilder 7 zeigt den HSVA-Leichter mit Reamer.

Die drei vorgestellten Leichtertypen und das eisbrechende Schubboot wurden in unterschiedlichen Eisbedingungen im Modelltank getestet.

Die nachfolgende Zusammenstellung gibt einen Überblick über die Versuchsbedingungen. Wassertiefe, Eisdicke und -festigkeit wurden in der Versuchsserie nicht variiert.

Wassertiefe Flachwasser	2
Wassertiefe im Kanal	
Kanalbreite	2
Kanalquerschnitt:	
Trapez, Böschungsneigung 1:3	
Soll-Eisdicke	1
Soll-Biegefestigkeit des Eises	6

5 Modellversuche im Eis

Versuchsergebnisse im ebenen Eis

Um 0.20 m dickes ebenes Eis mit einer Geschwindigkeit von 3 km/h zu brechen, benötigt das eisbrechende Kanalschubboot eine Leistung von $PD = 172$ kW. Diese Vorhersage gilt für ebenes Eis mit einer Biegefestigkeit von 800 kPa und einer Schneeauflage von 20 % der Eisdicke sowie für einen Reibungskoeffizienten von 0.1 (Außenhaut/schneebedecktes Eis).

Bei einer geringeren Eisfestigkeit und/oder einem niedrigeren Reibungskoeffizienten (z.B. bei reibungsarmer Außenhaut-Beschichtung) wird mit der gleichen Antriebsleistung eine deutlich höhere Geschwindigkeit erreicht. Bei schneefreiem Eis werden die Fahrleistungen sogar erheblich über der Prognose liegen. Mit geringeren Fahrleistungen im Eis muß dagegen bei dickerer Schneeauflage und/oder einem höheren Reibungskoeffizienten (z.B. bei rostiger Außenhaut) gerechnet werden.

Die Ergebnisse sind gültig für einen Kanalquerschnitt mit einer Kanalversperrung von 22.4 %, entsprechend n (Kanalquerschnitt/Hauptspantfläche) = 4.46.

Die in den Bildern 8 und 9 aufgetragenen Versuchsergebnisse verdeutlichen den Einfluß der Schiffsförm auf den Widerstand und die Antriebsleistung des Schubbootes mit den untersuchten Leichtervarianten. Aufgrund der Ergebnisse läßt sich feststellen, daß die Leichter SP36 und AMANDA zum Brechen von ebenem Eis nicht geeignet sind.

Versuchsergebnisse in der Eisrinne im Kanal

Jeweils im Anschluß an die Versuche im ebenen Eis wurden die Eigenschaften der verschiedenen Schubboot-Leichterkombinationen in der eisgefüllten Rinne untersucht. Die Eisrinne wurde für den Versuch so vorbereitet, daß alles seitwärts unter die Eisdecke geräumte Eis hervorgeholt und in der

Rinne verteilt wurde. Außerdem wurden Versuche in der Eisrinne von doppelter Schiffsbreite durchgeführt.

Auf Anregung des BMBF wurden Versuche auch im sogenannten Schredder-Eis durchgeführt. Schreddereis ist das Produkt eines Geräts, das von der Wasserbaufirma "Möbius" zum Aufbruch von Kerneisdecken auf Kanälen entwickelt wurde. Das Zerstören des Eises erfolgt durch rotierende Schlagwalzen, die auf das ungebrochene Eis schlagen. Das spröde Eis zerspringt dabei in kleine Stücke, von denen der größte Teil in der gebrochenen Eisrinne verbleibt. Entsprechende Eisbedingungen wurden im Eistank nachgebildet.

In Bild 10 sind die Widerstände bei 3 km/h in den auf unterschiedliche Art erzeugten Eisrinnen dargestellt. Für den Schubverband mit den verschiedenen Leichtern ergaben sich nur geringfügig unterschiedliche Widerstände in der Schreddereisrinne und in der gebrochenen Scholleneisrinne.

Eisbrechendes Schubboot als Kanaleisbrecher

Das neuentworfene eisbrechende Kanalschubboot hat eine Rumpfform, die auch für einen Kanaleisbrecher geeignet ist. Eine weitere Verbesserung der Manörierbarkeit erscheint möglich. Mit dem eisbrechenden Kanalschubboot war es ohne Probleme möglich, die gebrochene Eisrinne um eine oder eine halbe Schiffsbreite zu verbreitern.

Der Kurs des Kanaleisbrechers läßt sich in dieser Situation relativ leicht kontrollieren. Selbst ein als Steuermann ungeübter leitender Beamter der WSD Nord konnte dieses Manöver ohne vorherige Übung durchführen.

Einfahrt in eine Schleuse

Um zu zeigen, welche Probleme mit dem Schubverband beim Ein- und beim Ausfahren aus der Schleuse auftreten können, wurde eine Schleuse ohne Höhenunterschiede im Modellkanal eingebaut.

Bei diesen Manövern wurde der Schleppverband manuell gesteuert. Dabei zeigte sich, daß das Eis die Manöver erleichterte, weil Eisstücke zwischen Schleusenwand und Modell wie ein Fender wirken. Voraussetzung dafür ist, daß die Schleuse eine Breite hat, die größer ist als die Breite des Schubverbandes, so daß seitlich noch genug Platz für das Eis vorhanden ist. Die Breite der Schleuse

entsprach bei den Versuchen 12 m in der Großausführung.

Beim Einfahren in die Schleuse fährt der Schubverband langsam. Dies bewirkt, daß Eischollen und Eismatsch vom Bug in die Schleuse geschoben werden. Am Schleusenende verdichtet sich diese Eismasse und stoppt den Verband auf. Befindet sich sehr viel Eis in der Schleuse, kann das Schiff vor dem Ende der Schleuse auf diesem Eis stranden. Die Folge davon ist, daß der Schubverband selbst mit voller Antriebsleistung nicht weit genug in die Schleuse einfahren kann.

Drehkreise im Eis auf Flachwasser

Drehkreise wurden auf Flachwasser (ohne Kanal) durchgeführt. Die Versuche führten zu folgenden Ergebnissen, siehe Tabelle 2 und Bild 11.

Aus der Tabelle (2) ist ersichtlich, daß das eisbrechende Schubboot mit Reamer sehr kleine Drehkreisdurchmesser erzielen kann, wobei die Rudelage einen deutlichen Einfluß hat. Mit einem Ruderpropeller könnte wahrscheinlich der Drehkreis noch weiter verkleinert werden. Auch durch Modifikation der Schiffsförm ist noch eine Steigerung der Drehfähigkeit im Eis möglich.

Die Versuchsergebnisse mit dem Schubverband zeigen, daß nur mit Hilfe eines Reamers am Bug des Leichters ein Drehkreisdurchmesser erzielt werden kann, der es erlaubt, Kanalkurven im geschlossenen und zusammengefrorenen Eis zu durchfahren.

Ohne Reamer fährt der Schubverband im ebenen Eis praktisch nur geradeaus.

Im Scholleneis kann auch der Schubverband ohne Reamer eine Kurve fahren, wobei der Durchmesser von der Eiskonzentration und der Masse Eis in der gebrochenen Eisrinne abhängt. Solche Versuche wurden nicht durchgeführt. Diese Aussage beruht auf Erfahrungen mit anderen Schiffen.

Tabelle 2 Drehkreisversuche im ebenen Eis von 0.20 m Eisdicke bei 800 kPa Eisfestigkeit auf 3.0 m Wassertiefe

Modell	Drehkreisdurchmesser außen [m]		Drehkreisdurchmesser (außen) / Schiffslänge L _{pp} (-)
	Modell	Schiff, Schubverband	
Schubboot mit Reamer 60° Ruderwinkel	2.54	30.55	1.88
Schubboot mit Reamer 40° Ruderwinkel	4.22	50.64	3.07
Schubboot ohne Reamer 60° Ruderwinkel	3.90	46.80	2.84
Schubverband mit HSVA Leichter mit Reamer	91.4	1097	13.3
Schubverband mit HSVA Leichter ohne Reamer	unendlich	unendlich	-

Anlegemanöver im ebenen Eis

Beim Vorhandensein von Eis kann das Anlegen längs einer Pier ein schwieriges und zeitintensives Manöver sein. Dies gilt insbesondere für das Anlegen von relativ langen Schubverbänden, wenn im Hafen eine geschlossene Eisdecke vorhanden ist. Bei Anlegemanövern im Modellmaßstab wurden deshalb Taktiken ausprobiert, die ein effektives Anlegen versprechen und für die Schiffsführer als Anregung dienen sollten.

Aus den Versuchsergebnissen läßt sich schließen, daß es für das Anlegen von Schubverbänden von Vorteil ist, wenn das Eis am Liegeplatz vor dem Anlegen gebrochen wird.

Das Eisbrechen könnte z.B. erfolgen durch:

- das eisbrechende Schubboot selbst
- einen anderen Eisbrecher
- eine lokale Eisschredderanlage landseitig betrieben an einem Baggerausleger
- einen Kran mit einem Gewicht, der dieses mit Geschwindigkeit auf das Eis fiert und es somit bricht

6 Eisstöße auf das Binnenschiff in Abhängigkeit von Schollengröße und Schiffsförm

Die Binnenschiffahrt läßt sich mittelfristig bei Eisbedeckung nur forcieren, wenn, soweit möglich, auch mit vorhandenen Schiffen bei Eis gefahren wird. Hierfür ist es erforderlich, zu wissen, ob die Schiffe die Eisfahrt ohne Beschädigung überstehen können. Im folgenden Schritt gilt es, die Auswirkung dieser Belastungen auf die Schiffsstruktur zu bestimmen.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist eine Verstärkung der Schiffstruktur alleine für die Eisfahrt nicht wünschenswert und sollte erforderlich nur lokal vorgenommen werden. Anders als bei Fahrten in die Arktis, muß bei Binnenschiffen im Eis auf Kanälen nicht mit Eisdruck gerechnet werden. Thermischer Eisdruck kann, falls er in besonderen Situation für ein Schiff auftritt, durch entsprechende Sägeschnitte abgebaut werden.

Um Beschädigungen zu vermeiden, muß das Binnenschiff im Eis mit hohem Sachverstand gefahren werden. Wesentliche Parameter für die Größe der auftretenden Belastungen sind die Schiffsgeschwindigkeit und die Schollengröße.

Um diesem Problem näher zu kommen, wurden in einem ersten Schritt die Normalkräfte auf die Außenhaut in Abhängigkeit von Schiffsgeschwindigkeit

keit und Schollengröße berechnet. Diese Berechnungen wurden für den Typ AMANDA und für SP36 durchgeführt. Für eine Eisdicke von 0.25 m wurde für AMANDA der Schollenradius von 0.12 m bis 2.0 m variiert. In Bild 12 wurde die errechnete Normalkraft über der Geschwindigkeit aufgetragen. Für einen Schollenradius von 0.12 m und 0.50 m wurden die Normalkräfte für SP36 berechnet und mit den Ergebnissen von AMANDA verglichen, siehe Bild 13.

Es zeigt sich, daß

- die Normalkraft von der Schiffsgeschwindigkeit abhängt,
- der Schollenradius (d.h. die Masse) einen wesentlichen Einfluß hat,
- die Schiffsform wesentlich die Größe der Normalkraft bestimmt. Die nahezu vertikalen Spanten im Bug der AMANDA führen zu den größten Normalkräften, während bei SP36 die Normalkräfte durch den Eisstoß um den Faktor 5 kleiner sind.

Daraus resultiert für die Praxis, daß sich die zulässige Schiffsgeschwindigkeit nach der Eisschollengröße in Verbindung mit der Schiffsfestigkeit des Bugs und der Bugform zu richten hat. Das bedeutet, daß in bestimmten Fällen mit reduzierter Geschwindigkeit bei Eisschollen auf dem Kanal gefahren werden muß!

Die obige Betrachtung wurde für die Vorausfahrt durchgeführt. Grundsätzlich gilt dies auch, wenn die Schiffe in Drehbewegung sind und aus dieser Bewegung heraus, z.B. mit dem Heck, gegen eine große Scholle oder gar gegen den harten, ungebrochenen Eisrand stoßen.

7 Gedanken zum Verkehrsmanagement

Das Verkehrsmanagement umfaßt alle Maßnahmen, die nötig sind, damit unter den gegebenen Eisbedingungen der Binnenschiffsverkehr sicher auf Kanälen, durch die Schleusen und in den Häfen stattfinden kann. Die folgenden Überlegungen beziehen sich hauptsächlich auf das Verkehrsmanagement auf den Kanalstrecken.

Nicht zuletzt weil viele der existierenden Binnenschiffsformen nicht geeignet sind, Eis zu brechen, ist ein Verkehrsmanagement erforderlich.

Die Fahrzeuge

Aus den Bildern 14 bis 17 läßt sich der Eisbrechewiderstand für ebenes Eis auf Kanälen entnehmen für die jeweilige Eisdicke und Schiffsform bei einer vorgegebenen Geschwindigkeit. Damit kann die Eisbrechfähigkeit vieler Binnenschiffe abgeschätzt werden. Das Verkehrsmanagement hat damit ein erstes Hilfsmittel für die Beurteilung der Eisbrechfähigkeit von Binnenschiffen und kann regulierend eingreifen. Diese Regulierung kann zur Folge haben, daß einige Binnenschiffe so lange warten müssen, bis ein geeignetes Fahrzeug die Eisrinne bricht oder wieder aufbricht. Im gebrochenen Eis ist der Widerstand wesentlich geringer und die für Eisfahrt weniger geeigneten Fahrzeuge können in der Rinne folgen.

Die Modellversuche zeigten, daß im Scholleneis die Unterschiede im Schiffswiderstand zwischen den Schiffsformen gering sind. Daher können auch die existierenden Binnenschiffe unter diesen Bedingungen auf Kanälen fahren. Das bedeutet aber auch, daß die Schiffsführer wissen müssen, wie sie unter diesen Bedingungen fahren sollen, damit ihr Schiff möglichst nicht durch Eis beschädigt wird. Bei dem Vorhandensein von großen Eisschollen muß ein Schubverband oder ein Motorgüterschiff mit z.B. der Bugform der AMANDA langsamer fahren oder eine höhere Festigkeit im Bugbereich haben als ein EURO 2B oder ein HSVA-Leichter, wenn Beschädigungen vermieden werden sollen. Die richtige Beurteilung der Festigkeit des Schiffskörpers ist eine wichtige zukünftige Aufgabe bei der Entwicklung der Binnenschifffahrt bei Eisbedeckung.

Die Eisschollengröße in der gebrochenen Eisrinne wird durch den Schiffsverkehr kleiner. Die Probleme der Schiffsfestigkeit oder der durch Eis blockierten Düsen treten zurück. Dagegen verstopft das kleine Eis oder der Eismatsch in der Eisrinne leicht den Kühlwassereinlaß für die Antriebsmaschine. Schiffbauliche Vorkehrungen können dieses Problem vermeiden.

Konvoiverkehr

Steht ein eisbrechendes Schubboot oder ein anderes eisbrechendes Fahrzeug zur Verfügung, so können die Binnenschiffe zu einem Konvoi zusammengestellt werden, die dem eisbrechenden Fahrzeug folgen. Die Reihenfolge im Konvoi sollte so sein, daß zuerst die gut eisbrechenden Schiffe ohne Propellerdüse und zuletzt die Fahrzeuge mit Propellerdüse fahren. Die gebrochenen Eisschollen

werden durch die ersten Fahrzeuge weiter zerkleinert, so daß die Düsen der nachfolgenden Fahrzeuge nicht so oft durch das Eis blockiert werden.

Das eisbrechende Fahrzeug in einem Konvoi benötigt mehr Brennstoff und ist einem größeren Beschädigungsrisiko ausgesetzt. Die folgenden Fahrzeuge nutzen die Fähigkeit des ersten eisbrechenden Fahrzeugs und haben daher wirtschaftliche Vorteile. Um diesen Vorteil zu kompensieren, muß ein System eingeführt werden, das die Dienstleistung (Eisaufbruch) des ersten Fahrzeugs vergütet. Eine Möglichkeit wäre, daß in einzelnen Monaten oder ganzjährig für einzelne Kanalstrecken eine Eisaufbruchgebühr erhoben wird. Die Höhe der Gebühr sollte sich richten nach der Eisbrechfähigkeit des Schiffes (Schiffsform und Maschinenleistung). Je besser die Eisbrechfähigkeit, desto geringer die Gebühr. Ein ähnliches Verfahren existiert in Skandinavien, wo sich die Hafengebühren u.a. nach der Eisklasse der Schiffe richtet (je höher die Eisklasse, umso geringer die Hafenabgaben), denn je besser die Schiffe im Eis sind, umso geringer ist der Bedarf an Eisbrechern, die vorgehalten werden müssen.

Anlegen und Pflege der Eisrinne

Bei Eintritt der Eisbildung sollte das Eis auf der gesamten nutzbaren Breite des Kanals gebrochen werden. Grundsätzlich sollte aber die Geschwindigkeit soweit reguliert werden, daß die Eisränder möglichst am Ufer liegenbleiben und nicht durch den Sog der Schiffe in die Fahrrinne treiben.

Bei Kälte wächst die Eismasse in der Fahrrinne an und erhöht erneut den Widerstand der Binnenschiffe.

Infolge des Schiffsverkehrs wird Eis auch unter die Eisränder befördert. Irgendwann ist das Eis am Eisrand so dick angewachsen, daß kein weiteres Eis durch die Schiffe unter den Eisrand geschoben werden kann. Jetzt wird die Eisschicht in der Fahrrinne bei Eiswachstum dicker, wobei zu den Eisrändern die Eisdicke zunehmen kann. Dies führt dazu, daß sich der Verkehr mehr auf die Mitte des Kanals konzentriert. Ist die Fahrrinne im Eis für Begegnungen zu schmal geworden, ist der Zeitpunkt erreicht, wo auf Einbahnverkehr umgestellt werden muß.

Steigt dann die Eismasse im Kanal durch einen wirklich extrem kalten Winter weiter an, so besteht die Gefahr, daß der Schiffsverkehr eingestellt werden muß.

Eisaufbruch

Nach der Einstellung des Verkehrs folgt die Aufgabe, so früh wie möglich das Eis für den Schiffsverkehr wieder aufzubrechen. Eine Voraussetzung hierfür ist, daß die Tagesmitteltemperaturen etwas oberhalb von Null Grad liegen, so daß zu mindestens tagsüber das Eis etwas weicher wird.

Nach unserer Einschätzung sollte auf Kanalmitte begonnen werden, das Eis zu brechen und mit dem Einbahnverkehr zu beginnen. Durch den Schiffsverkehr bei Tauwetter werden die Eisränder abgebrochen und die abgebrochenen großen Eisschollen in kleine Stücke gefahren. In dieser Situation muß mit reduzierter Geschwindigkeit gefahren werden, um die Schiffe nicht zu beschädigen. Propellerdüsen können bei größeren Eisschollen sehr hinderlich sein, da sie ständig durch Eis blockiert werden. Je weicher das Eis wird, umso schneller kann wieder gefahren werden, wodurch der gesamte Kanal aufgebrochen wird.

Einstieg in die Binnenschifffahrt bei Eisbedeckung

Es wurden Ideen vorgestellt, wie im Eis gefahren werden kann, wobei zu beachten ist, daß extreme Eissituationen nicht oft auftreten. Als besonders wichtig wird erachtet, daß bei Eisbedeckung die Navigationsperiode verlängert wird, damit Erfahrungen mit Binnenschiffen im Eis gesammelt werden können. Gleichzeitig sollte auch begleitende Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet werden und zwar auf allen betroffenen Fachgebieten.

Unbedingt notwendig für den Einstieg sind aber Fahrzeuge, die in der Lage sind, Eis zu brechen. Die vorhandenen Binnenschiffe können dies nur sehr eingeschränkt. Voraussetzung für die Organisation des Schiffsverkehrs auf vereisten Kanälen ist, daß genügend eisbrechende Schubschiffe oder Kanaleisbrecher oder andere Geräte zum Eisbrechen zur Verfügung stehen. Dies ist zur Zeit nicht der Fall. Andererseits liegen in Berlin jeden Winter Schubschiffe beschäftigungslos an der Pier, die in dieser Zeit auf der Oder wegen Eisgang nicht fahren können. Diese Schiffstypen könnten mit vertretbarem Aufwand modifiziert werden und stehen in kürzester Zeit für das Eisbrechen auf Kanälen zur Verfügung, wenn die Entlohnung geregelt wird.

8 Zusammenfassung

Die Ausdehnung der Navigationszeit für die Binnenschifffahrt auf Kanälen bei Eisbedeckung ist möglich. Selbst für den ersten Schritt in diese Richtung müssen Investitionen von seiten der Reeder und der Verwaltung getätigt werden. Vorrangigste Investition ist die Beschaffung von Fahrzeugen oder Geräten für das Brechen des Eises. Welche weiteren Investitionen für das Verkehrssystem notwendig sind, damit die "Binnenschifffahrt bei Eisbedeckung auf Kanälen" stattfindet, kann hier nicht beurteilt werden.

Bei der Einführung der ganzjährigen Binnenschifffahrt bei Eisbedeckung müssen auf der einen Seite Erfahrungen gesammelt, aber gleichzeitig auch weitere begleitende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten geleistet werden und zwar in allen betroffenen Fachgebieten.

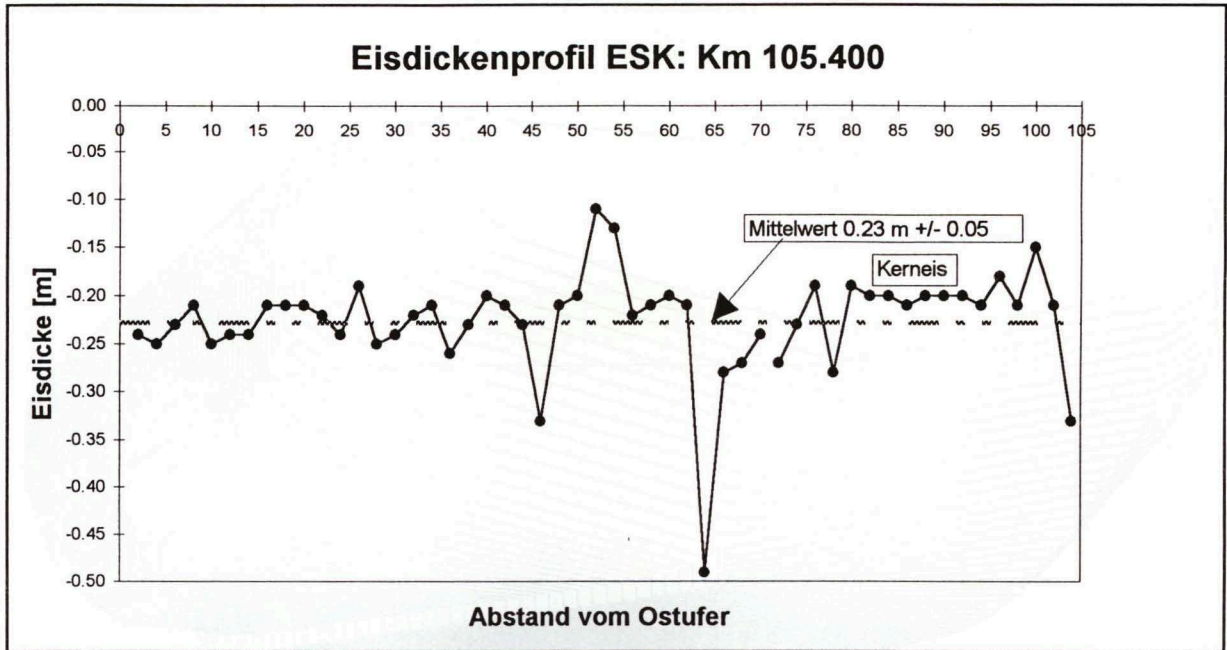


Bild 1: Eisdickenmessung im oberen Vorhafen in Scharnebeck vom 14.01.1997

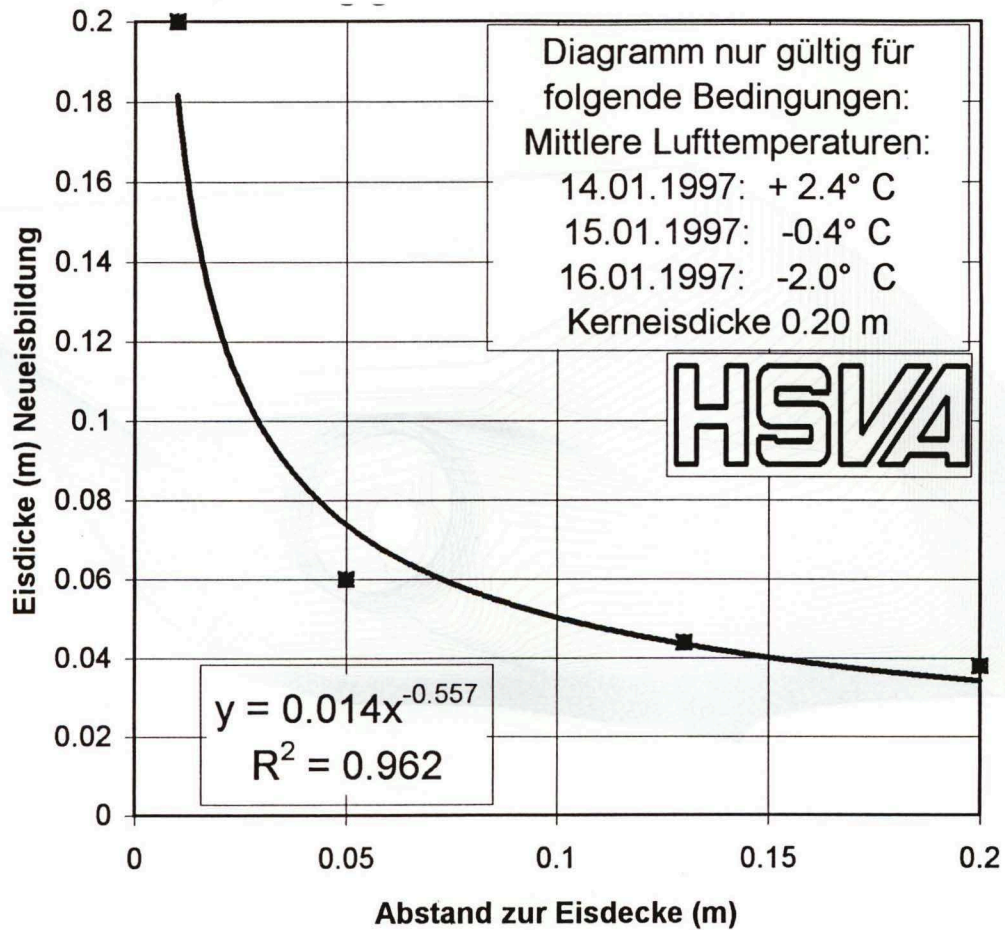


Bild 2: Neueisbildung auf eisfrei gemachter Wasseroberfläche in Abhängigkeit vom Abstand zur bestehenden Eisdecke

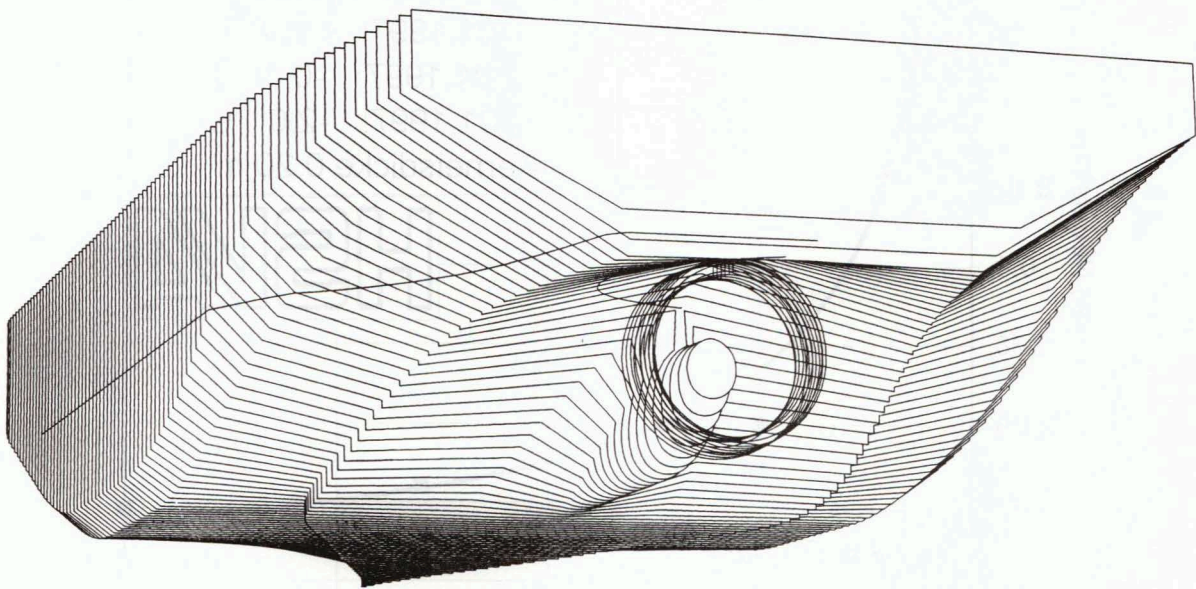
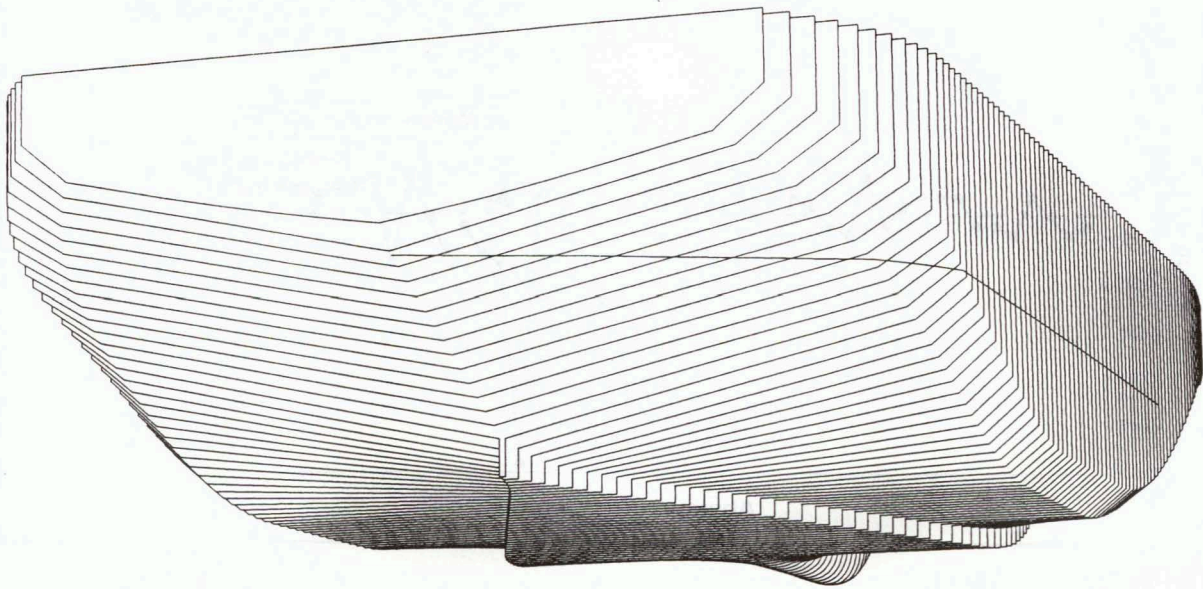


Bild 3: Eisbrechendes Schubschiff

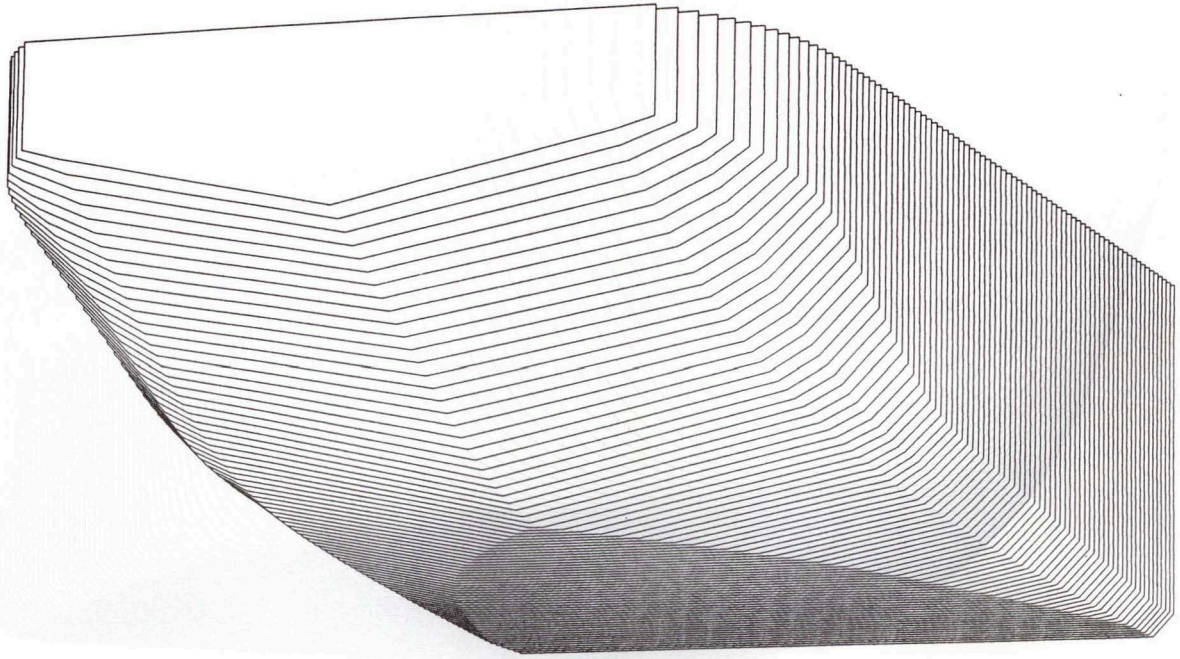


Bild 4: HSVA-Leichter

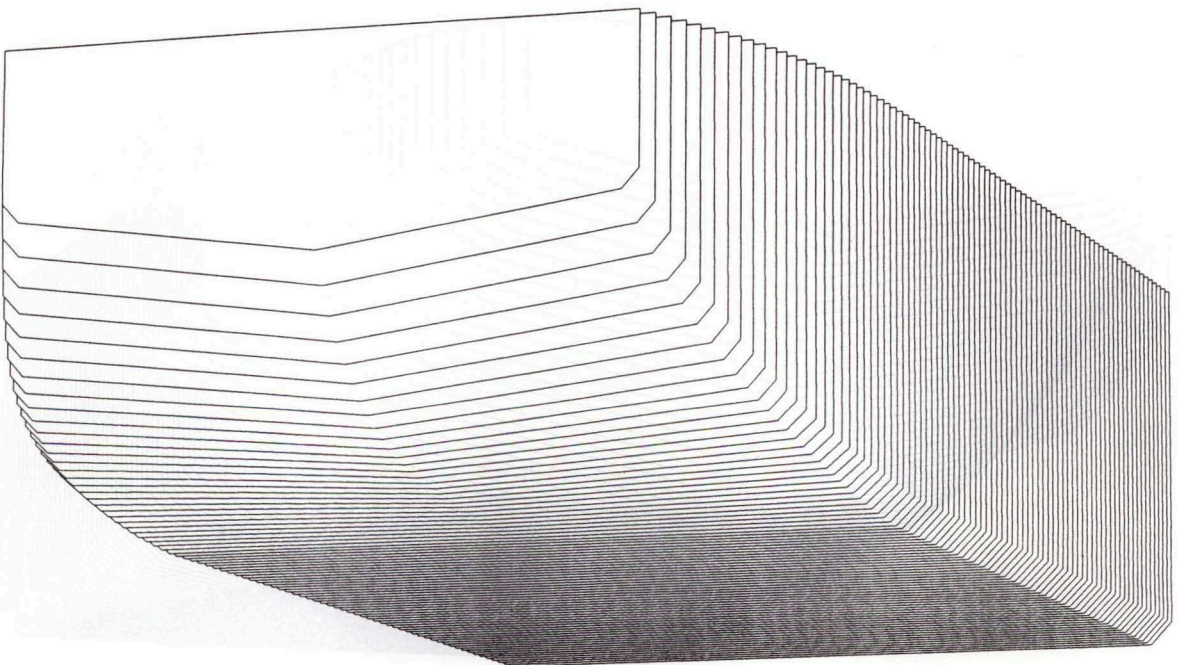


Bild 5: SP36-Leichter

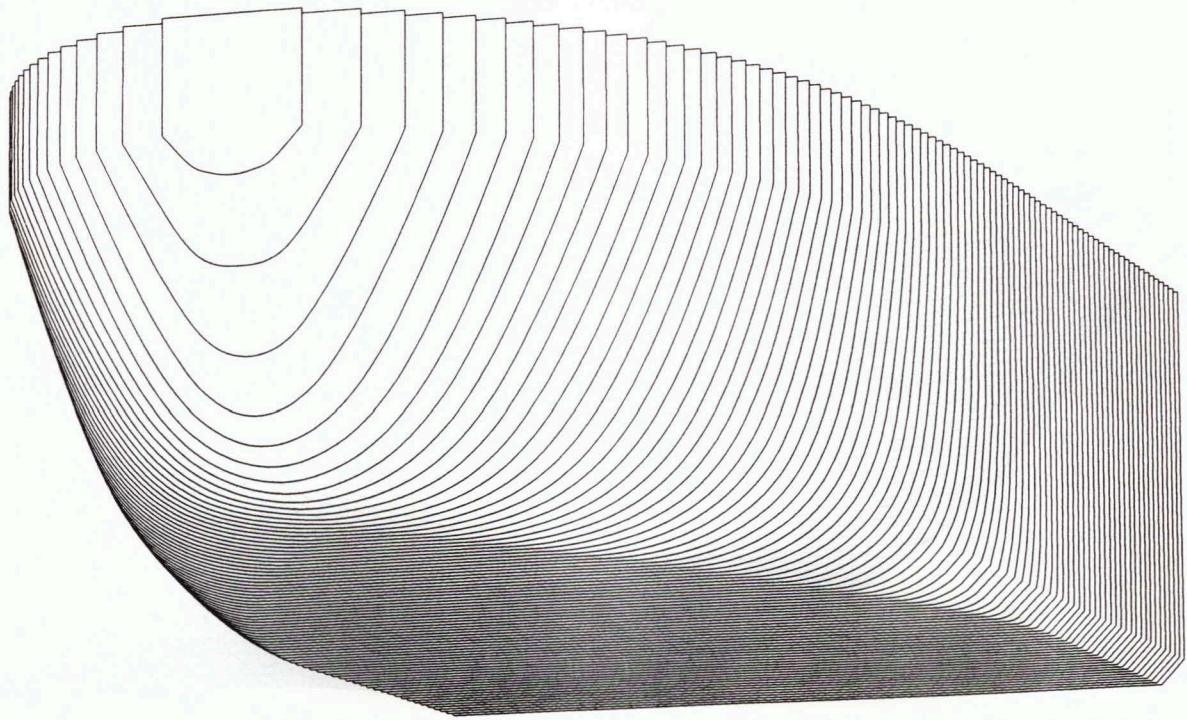


Bild 6: Kahnform AMANDA

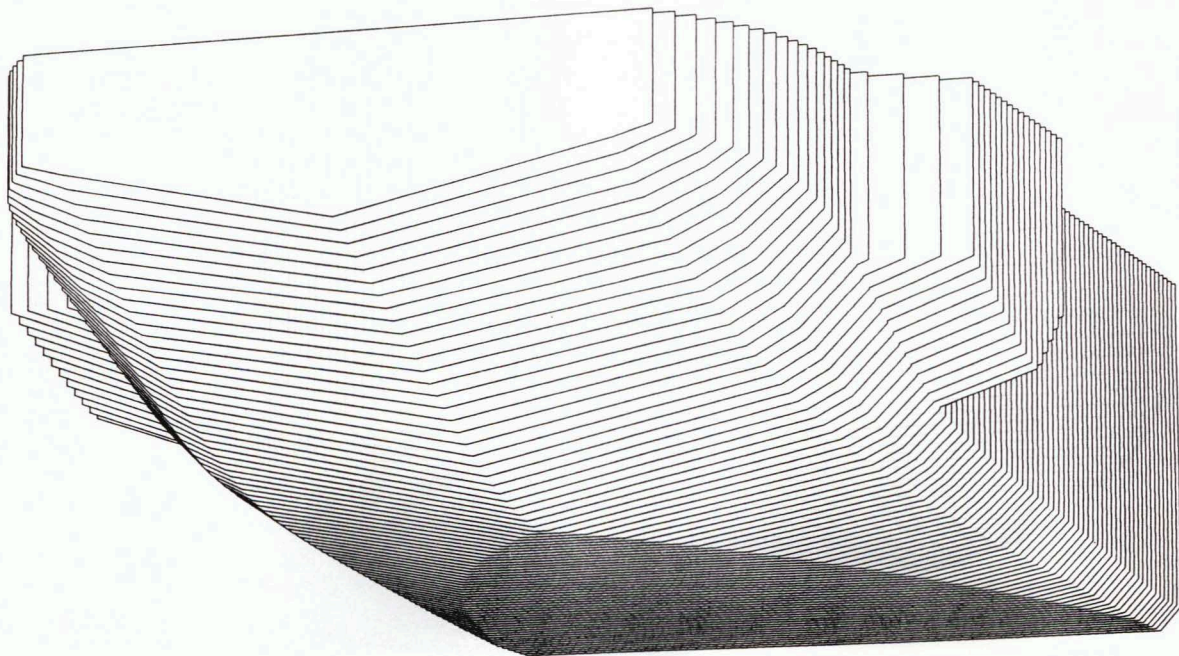


Bild 7: HSVA-Leichter mit Reamer

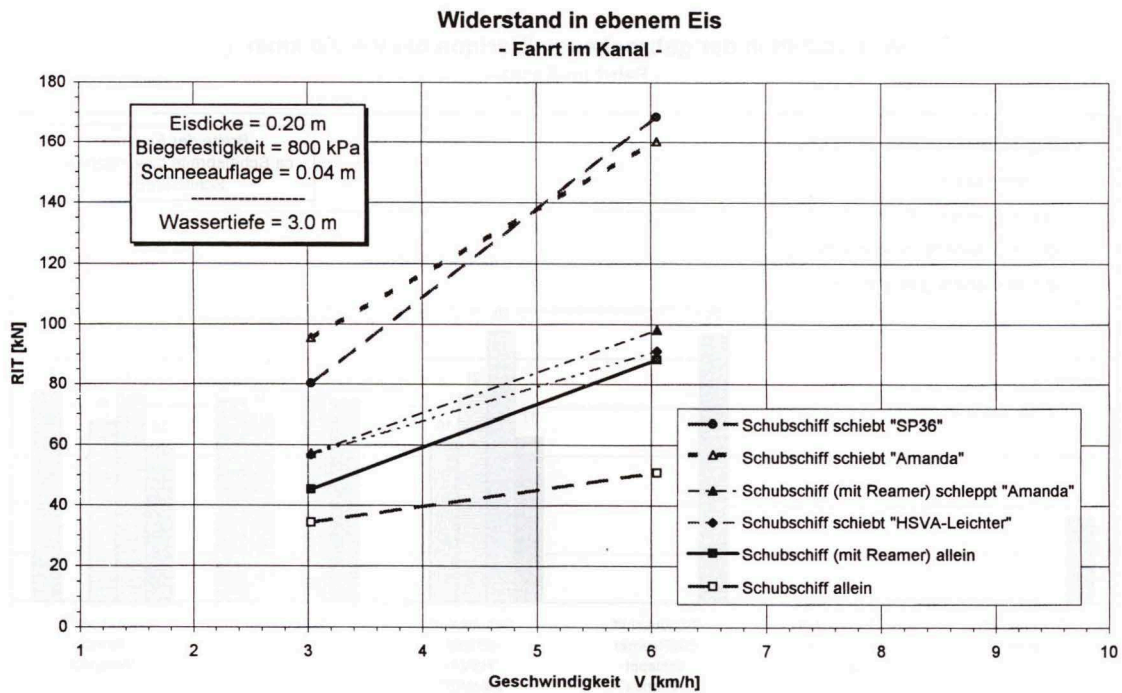


Bild 8: Widerstand des eisbrechenden Schubboots mit den verschiedenen Leichtern im ebenen Eis von 0.20 m Dicke bei 800 kPa Biegefestigkeit im trapezförmigen Kanal mit einer Wassertiefe von 3.0 m und einer Wasserspiegelbreite von 33 m

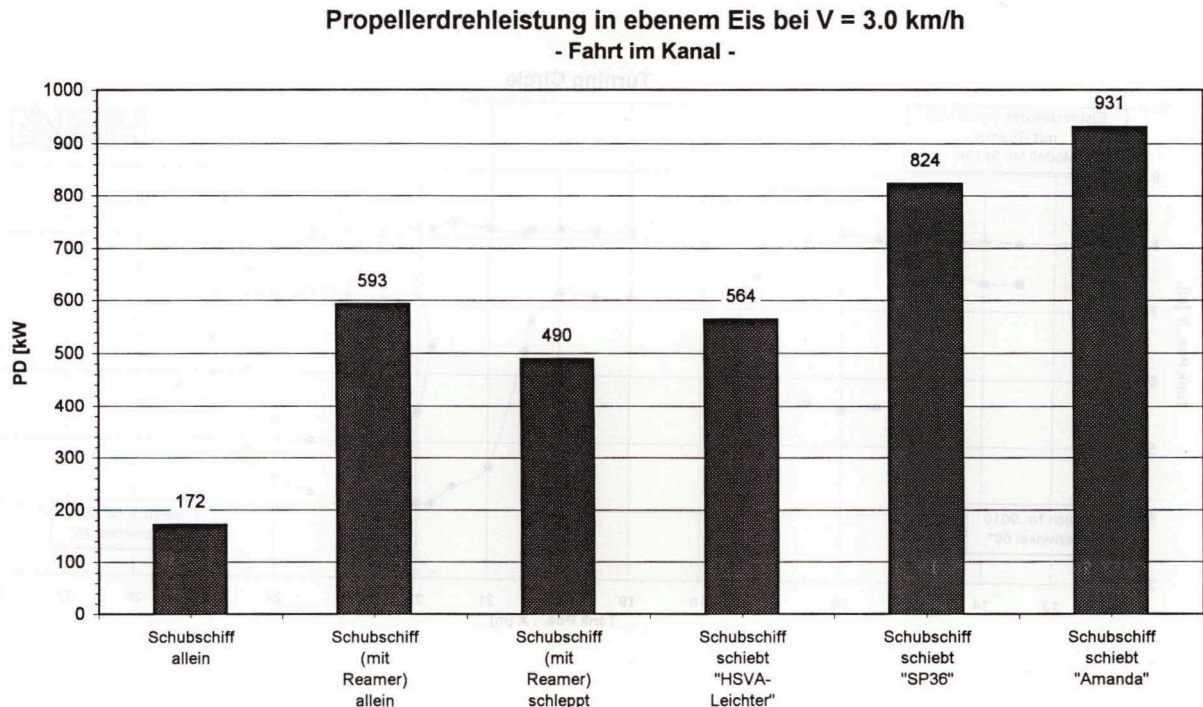


Bild 9: Antriebsleistung bei einer Geschwindigkeit von 3.0 km/h für das eisbrechende Schubboot mit den verschiedenen Leichtern im ebenen Eis von 0.20 m Dicke bei 800 kPa Biegefestigkeit im trapezförmigen Kanal mit einer Wassertiefe von 3.0 m und einer Wasserspiegelbreite von 33 m

Widerstand in der gebrochenen Eisrinne bei $V = 3.0 \text{ km/h}$
- Fahrt im Kanal -

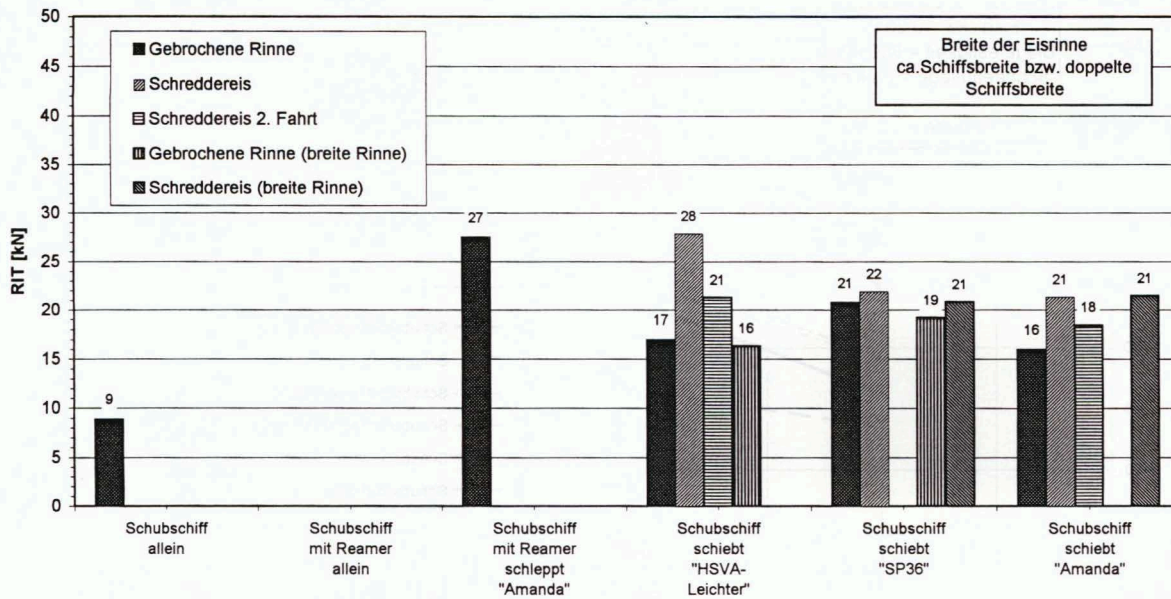


Bild 10: Widerstand in gebrochenen Eisrinnen bei einer Geschwindigkeit von 3 km/h bei einer Eisbedeckung von ca. 9/10 im trapezförmigen Kanal WT= 3.0 m, Breite = 33 m

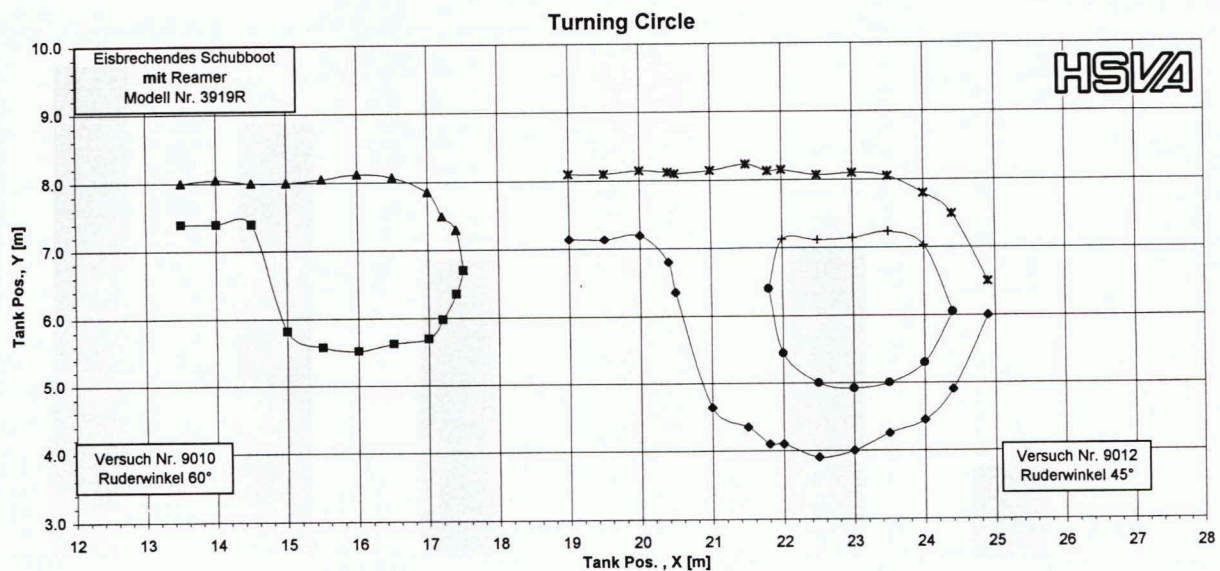


Bild 11: Drehkreise mit dem eisbrechenden Schubboot mit Reamer bei 60° und 45° Ruderlage im ebenen Eis von 0.20 m Dicke und 800 kPa Eisfestigkeit auf einer Wassertiefe von 3.0 m

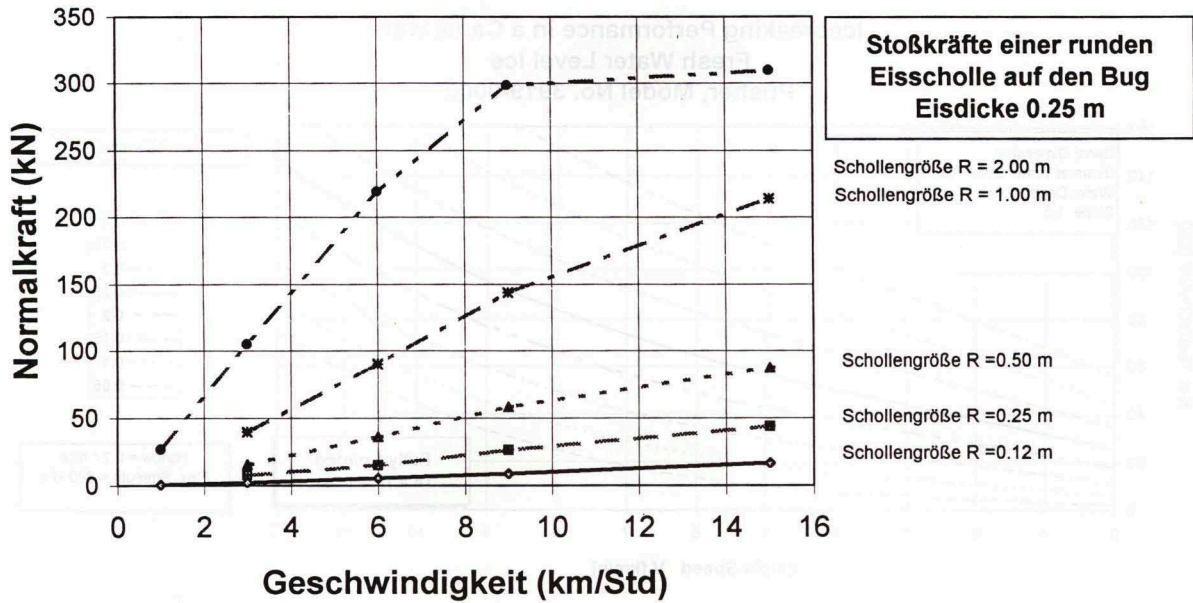


Bild 12: Binnenschiffstyp AMANDA, Normalkräfte über der Schiffsgeschwindigkeit für unterschiedlich große Eisschollen

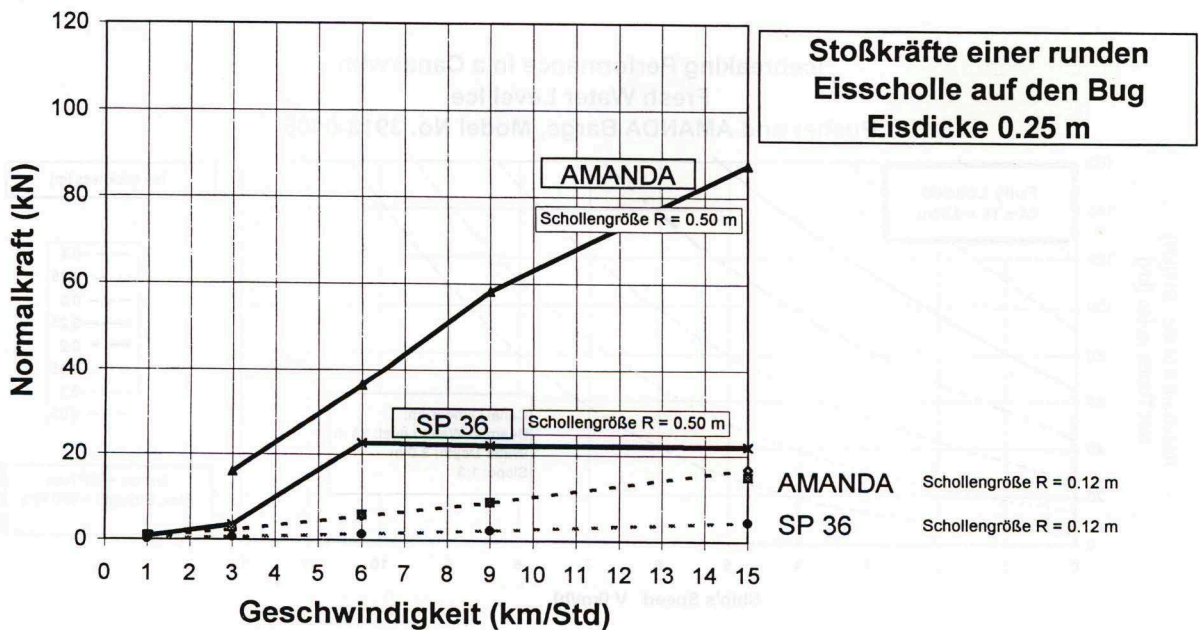


Bild 13: Vergleich unterschiedlicher Bugformen auf die Normalkräfte bei Stößen durch Eisschollen am Beispiel der Binnenschiffstypen AMANDA und SP36

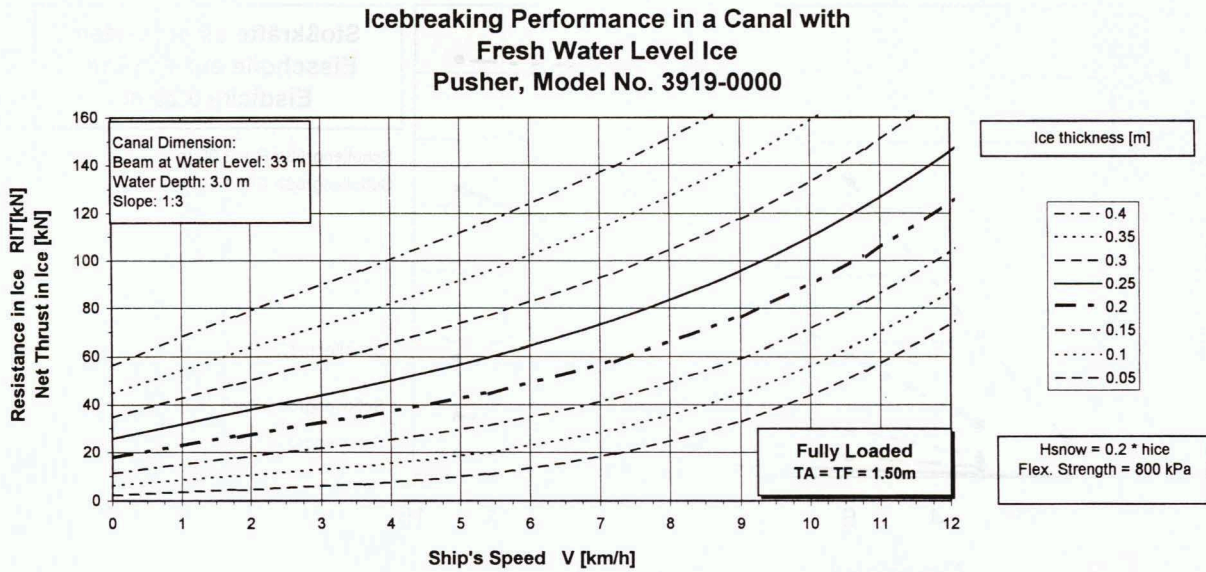


Bild 14: Eisbrechendes Schubboot, Widerstand im ebenen Eis von 0.05 bis 0.40 m Dicke im Kanal für Geschwindigkeiten von 0 bis 12 km/h

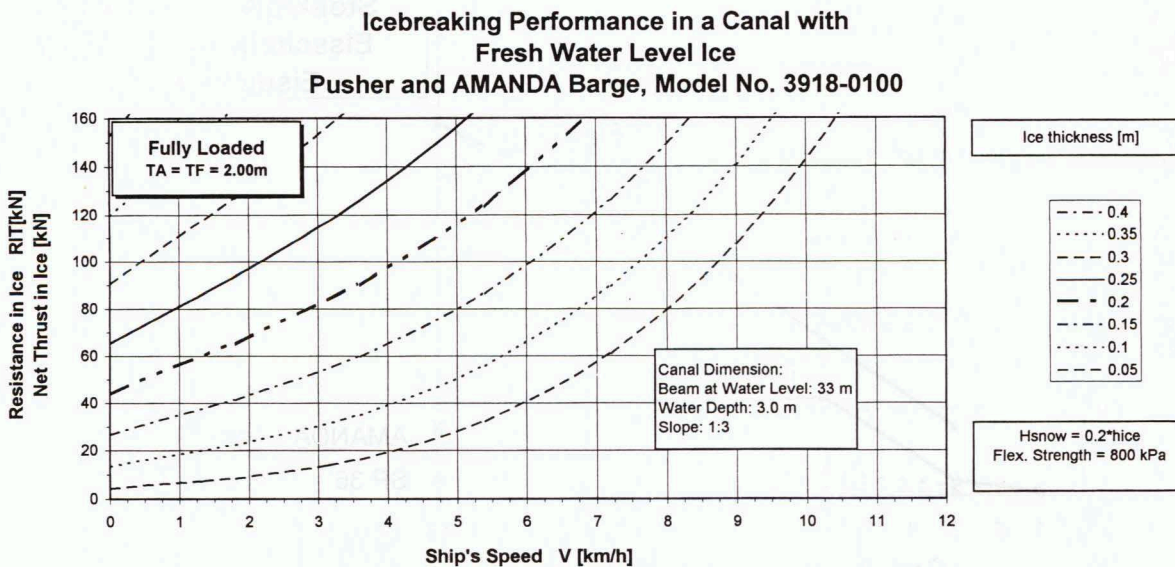


Bild 15: Schubverband mit Leichter AMANDA, Widerstand im ebenen Eis von 0.05 bis 0.40 m Dicke im Kanal für Geschwindigkeiten von 0 bis 12 km/h

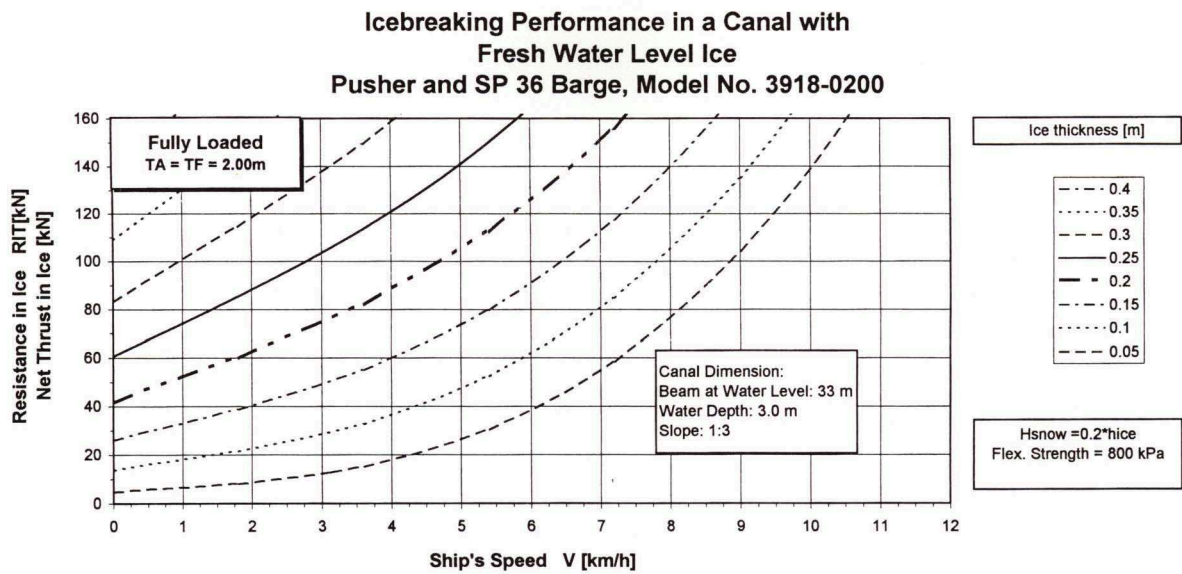


Bild 16: Schubverband mit Leichter SP36, Widerstand im ebenen Eis von 0.05 bis 0.40 m Dicke im Kanal für Geschwindigkeiten von 0 bis 12 km/h

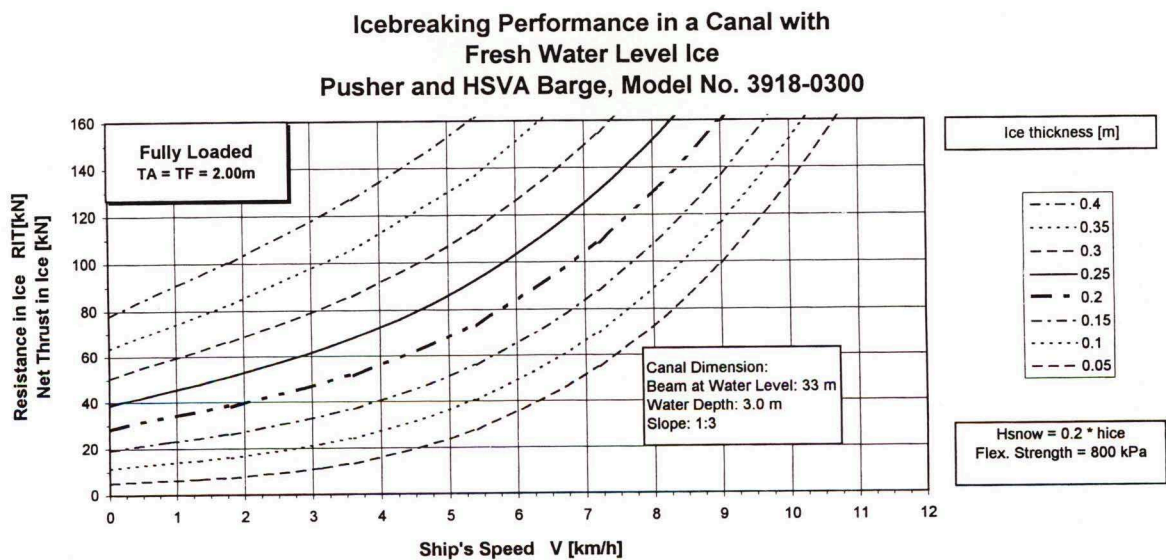


Bild 17: Schubverband mit HSVA Leichter, Widerstand im ebenen Eis von 0.05 bis 0.40 m Dicke im Kanal für Geschwindigkeiten von 0 bis 12 km/h

